

1 NOV. 1995 ✓

Universidad de la República  
FACULTAD DE AGRONOMIA



ELABORACION Y APLICACION  
DE UN PLAN DE MUESTREO  
SECUENCIAL PARA LA  
ESTIMACION DE LA DENSIDAD  
DEL NUMERO DE POSTURAS Y  
POSTURAS PARASITADAS DE  
*Diatraea saccharalis* (F.)

JORGE FRANCO - CESAR BASSO

BOLETIN DE INVESTIGACION N° 40

MONTEVIDEO

1995

URUGUAY

FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA

Las solicitudes de adquisición y de intercambio con esta publicación deben dirigirse al Departamento de Documentación, Facultad de Agronomía, Garzón 780, Montevideo -URUGUAY

**Comisión de Publicaciones:**

Ing. Agr. Osvaldo del Puerto (egresado)

Ing. Agr. Hugo Petrocelli (docente)

Ing. Agr. Héctor González (docente)

Ing. Agr. Virginia Rossi (docente)

Bach. Marcelo Nogue (estudiante)

Bach. Mario Lema (estudiante)

Bach. Gustavo Uriarte (Editor)

Elaboración y aplicación de un plan de muestreo secuencial para la estimación de la densidad del número de posturas y posturas parasitadas de *Diatraea saccharalis* (F.) en caña de azúcar / Jorge Franco Durán, César Basso. -- Montevideo: Facultad de Agronomía, 1995. -- 23p. -- (Boletín de Investigación; 40)

CAÑA DE AZUCAR  
CONTROL BIOLOGICO  
DIATRAEA SACCHARALIS  
MUESTREO  
TRICHOGRAMMA  
Franco Durán, Jorge  
Basso, César, coaut.

CDU 633.61-2

## ELABORACION Y APLICACION DE UN PLAN DE MUESTREO SECUENCIAL PARA LA ESTIMACION DE LA DENSIDAD DEL NUMERO DE POSTURAS Y POSTURAS PARASITADAS DE

### *Diatraea saccharalis* (F.) EN CAÑA DE AZUCAR (1)

Jorge Franco Durán (2)

Cesar Basso (3)

#### RESUMEN

Con el fin de determinar un plan de muestreo secuencial y el mejor patrón de entrada al campo, a ser utilizados en trabajos de investigación, se realizó un estudio por muestreo en la zona de influencia de CALNU, localidad de Bella Unión, Dpto. de Artigas, Uruguay, en febrero de 1989.

Se seleccionaron cinco tablonos de caña, variedad NA-6344, de aproximadamente 1 Ha, en cada uno de los cuales se marcaron 100 cuadros de 9.1 m de ancho (7 surcos a 1.3 m) por 10 m de largo. En cada cuadro se seleccionó al azar, en el momento de muestreo, un metro lineal de surco en el cual se contó el número de posturas de *Diatraea saccharalis* (F.) y, en trabajo posterior de laboratorio, de posturas parasitadas por *Trichogramma* spp.

Aplicando la ecuación de Taylor (1961) para la relación varianza - media en distribuciones de contagio y la propuesta de Bechinski y Pedigo (1981) para el cálculo de tamaño de muestra, se proponen planes de muestreo secuencial para las variables de interés.

Mediante la superposición de diferentes patrones de muestreo a los datos del ensayo y utilizando los criterios de mínima varianza, menor sesgo y menor duración en la ejecución del muestreo, se encontró que el mejor patrón es el de la selección completamente aleatoria de los sitios, seguido por la selección aleatoria de sitios en surcos elegidos sistemáticamente, realizando la inspección de afuera hacia adentro del tablón.

La aplicación del plan en los trabajos de investigación durante el período 1990 - 1991 condujo a algunas modificaciones en los valores estimados de los parámetros de la ecuación de Taylor, procedimiento que se continuará en el futuro hasta lograr la estabilización de las estimaciones.

---

Recibido el 6 de abril, 1992.

Aceptado el 19 de junio, 1993.

(1) Trabajo realizado en el marco del Proyecto sobre Control Biológico. Facultad de Agronomía - CALNU.

(2) Ing. Agr. MSc. Profesor Adjunto de la Facultad de Agronomía, Unidad de Estadística y Cómputo.

(3) Ing. Agr. Doct. Profesor Adjunto de la Facultad de Agronomía. Cátedra de Entomología.

## INTRODUCCION

***Diatraea saccharalis*** (Fabricius, 1798) (Lepidoptera, Pyralidae) es la principal plaga del cultivo de caña de azúcar en la región de Bella Unión, departamento de Artigas, Uruguay. Los daños ocasionados por esta plaga representan pérdidas importantes, lo cual ha justificado, a partir de 1984, encarar estudios tendientes a implementar programas de control biológico.

La actividad mencionada ha exigido conocer la dinámica de las poblaciones y, en consecuencia, definir metodologías de muestreo que, de modo simple, práctico y económico, permitan estimar la abundancia de la plaga y de sus enemigos naturales, particularmente los parasitoides oófagos del género ***Trichogramma*** (Hymenoptera, Trichogrammatidae).

Para alcanzar el objetivo anterior se consideró conveniente implementar una línea de trabajo que permitiera definir el método de muestreo, los tamaños de muestra y los patrones de inspección de campo, para lograr estimaciones con precisión y confiabilidad previamente determinados.

La línea de investigación se enmarca dentro del convenio Facultad de Agronomía - CALNU, en el cual la toma de decisiones y la planificación de actividades se realiza en forma conjunta y los trabajos de campo son ejecutados en su totalidad por el Departamento de Investigación de la Gerencia Agrícola de CALNU.

## 1. MATERIALES Y METODOS.

### 1.1. Metodología de campo.

En febrero de 1989, inicio esperado de la tercera generación de **D. saccharalis** en el campo (Basso, 1988), se efectuó el muestreo de posturas en cinco parcelas, situadas en diferentes predios comerciales y plantadas con la variedad NA-6344 de caña de azúcar, en la localidad de Bella Unión.

En cada parcela, un tablón de aproximadamente 1 ha de superficie, se marcaron 70 surcos (1.3 m entre surcos) de 100 m de largo. Esta área de 91 X 100 m<sup>2</sup> fue subdividida en 100 cuadros de 9.1 m (7 surcos) de ancho por 10 de largo. En cada cuadro se seleccionó un metro lineal en un surco tratando de que la selección tanto del surco como del metro fuera aleatoria. Se definió como unidad de muestreo a un metro lineal de surco.

Las plantas en la unidad de muestreo se revisaron minuciosamente en búsqueda de posturas. Las posturas que se encontraron fueron retiradas, identificadas y llevadas al laboratorio, en donde permanecieron el tiempo necesario para permitir la manifestación externa del parasitismo (7 a 10 días) y la identificación de los parásitos a nivel de género.

Para cada postura se registró el número de huevos parasitados por **Trichogramma spp.** y no parasitados, diferenciándolos en eclosionados y no eclosionados, con el fin de asegurar que solamente se trataba de huevos de la tercera generación. Para el trabajo se tomaron en cuenta solamente los huevos no eclosionados en el momento del muestreo.

### 1.2. Análisis estadístico de la información.

**1.2.1. Descripción gráfica:** Se realizaron gráficos de contomo para representar la abundancia, identificando cada punto de muestreo con sus coordenadas ancho (a través de los surcos,  $j=1,2,\dots,10$ ) y largo (en el sentido de los surcos,  $i=1,2,\dots,10$ ).

El objetivo de estos graficos es visualizar la forma geométrica de la distribución de posturas, huevos y parasitismo en el campo.

**1.2.2. Relación de medias y varianzas:** Los valores de media y varianza, estimados por variable y sitio, se relacionaron según la ecuación propuesta por Taylor (1961):

$$S^2_i = \alpha \cdot \bar{X}_i^\beta, \quad i = 1,2,3,4,5, \text{ parcelas.}$$

En esta ecuación se estimaron los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , por variable, utilizando las observaciones de los cinco sitios y el método de mínimos cuadrados (regresión).

Se considera al parámetro  $\alpha$  como un factor de escala dependiente de la técnica de muestreo y el hábitat en estudio.  $\beta$  se supone constante para cada especie, indica el grado de contagio (agrupamiento) de los individuos en el campo y se espera que tenga valores entre 1.4 y 2.0 para plagas de cultivos. La distribución aleatoria (sin agrupamientos) de la especie en el campo se caracteriza por valores de 1.0 para los dos parámetros (Ruesnik, 1980. Soutwood, 1978).

**1.2.3. Cálculo de tamaños fijos de muestra:** La ecuación para el cálculo del tamaño conveniente de muestra responde a la pregunta: **Cuál es el mínimo tamaño de muestra (número de puntos de muestreo, n) requerido para estimar la media poblacional de abundancia de tal manera que la probabilidad  $\alpha$  de obtener una muestra cuya media difiera de la verdadera en más de una cantidad determinada (error máximo de estimación permitido,  $\delta$ ) sea baja ( $\alpha \leq .20$ ).** Su expresión matemática es:

$$n = \frac{Z^2 \cdot S^2_o}{\delta^2} = \frac{Z^2 \cdot a \cdot \bar{X}_o^b}{\delta^2} \dots\dots\dots(1)$$

Si el error máximo de estimación se expresa como proporción de la media ( $\delta' = \delta / \bar{X}_o$ ) y la varianza se reemplaza con el coeficiente de variación ( $CV = S / X$ ) la ecuación se transforma:

$$n = \frac{Z^2 \cdot CV^2}{\delta'^2} = \frac{Z^2 \cdot a \cdot \bar{X}_o^{(b-2)}}{\delta'^2} \dots\dots\dots(2)$$

En estas ecuaciones se supone que la varianza poblacional, o el coeficiente de variación, son conocidos o han sido estimados anteriormente a partir de otros muestreos, revisiones de literatura etc. y Z es un valor de tablas de la distribución normal estándar, para un nivel  $\alpha$  determinado.

En poblaciones cuya distribución en el campo presenta algún grado de contagio se observa una relación media-varianza, como la descrita por la ecuación de Taylor que conduce a la segunda expresión de las fórmulas. En ellas se observa que el cálculo del tamaño de muestra para un nivel de precisión definido, utiliza los valores estimados a y b de Taylor y requiere suponer alguna media  $\bar{X}_0$ , lo cual implica un tamaño diferente para cada media poblacional de abundancia "esperada", esto es: **para estimar la abundancia se requiere partir de una estimación de su valor.**

**1.2.4. Tamaños de muestra, muestreo secuencial:** Una solución al problema anterior consiste en realizar el muestreo en forma secuencial, de tal manera que el método mismo indique el momento de suspender la toma de muestras, sin ningún presupuesto acerca de los valores poblacionales. La metodología fue propuesta inicialmente por Kuno (1969) y mejorada por Bechinski y Pedigo (1981).

La idea fundamental de la propuesta es que hay un valor promedio muestral  $\bar{x}_n$ , correspondiente a un tamaño de muestra n, el cual estima a la verdadera media con una precisión  $\delta$  o  $\delta'$ . La media muestral puede escribirse como:

$$\bar{x}_n = \frac{T_n}{n}$$

siendo  $T_n$  el número total de capturas en n muestras. Si se reemplaza la media en la ecuación (2) se obtiene:

$$n = \frac{Z^2 a (T_n / n)^{b-2}}{\delta'^2}, \quad \text{de donde se deduce que:}$$

$$T_n = \left[ \frac{n^{(1-b)} a Z^2}{\delta'^2} \right]^{(1/(2-b))} \dots \dots \dots (3)$$

De esta forma se obtiene un valor  $T_n$  (capturas acumuladas) tal que  $\bar{x}_n = T_n/n$  estima a la verdadera media con un error máximo de estimación de  $\delta \times 100 \%$

El método suspende el muestreo cuando el resultado de acumular la última captura a las anteriores es mayor que el límite  $T_n$  correspondiente al número de captura realizado. En ese momento se tiene la estimación  $\bar{x}_n$ , de la verdadera media, con la precisión deseada.

**La ventaja del muestreo secuencial es, entonces, que va comparando los valores observados contra un límite que le indica si con el número de muestras tomadas y las capturas obtenidas hay suficiente información para estimar la verdadera densidad con la precisión deseada.**

**1.2.5. Patrones de recorrido:** La amplia cobertura del follaje y el tamaño de los tabloncillos a muestrear dificultan el muestreo secuencial de puntos elegidos completamente al azar. Por ello, se pusieron a prueba algunos patrones de recorrido de campo, buscando la posibilidad de reemplazar el proceso completamente aleatorio por uno mixto (sistemático y aleatorio) que facilitara los aspectos prácticos del trabajo. Los patrones elegidos para probar fueron:

1. Selección aleatoria de los puntos (testigo).
2. Selección con restricciones:
  - i) Tres puntos al azar en cada uno de los 10 surcos fijos, seleccionados sistemáticamente para cubrir el área.
    - a) Revisando los puntos de muestreo de afuera hacia adentro.
    - b) Revisando los puntos de muestreo de adentro hacia afuera.
  - ii) Selección aleatoria de seis surcos y de cinco puntos dentro de cada uno de ellos.
  - iii) Selección sistemática (fija) de seis surcos, procurando cubrir toda el área y selección aleatoria de cinco puntos dentro de cada surco.

Estos patrones de muestreo se aplicaron a los datos originales, una vez en cada parcela. La media y la varianzastimadas para la parcela con los 100 puntos originales

se tomaron como referencia para calificar el comportamiento de cada patrón en cada oportunidad. La evaluación de los patrones se realizó siguiendo tres criterios:

1. Nivel de aproximación entre el valor calculado en la muestra y el valor estimado con los 100 puntos.
2. Varianza de la estimación: El patrón que estime con menor varianza es más eficiente.
3. Requerimiento de puntos en la simulación del muestreo secuencial: Un patrón mediante el cual se tome la decisión y se suspenda el muestreo con menos puntos observados es mejor.

#### **1.2.6. Ajustes posteriores.**

La aplicación de los planes de muestreo en los trabajos de investigación 1990/1991 generó un conjunto de nuevos puntos media-varianza que retroalimentaron el modelo propuesto y con los cuales se recalcularon los estimadores de los parámetros de la ecuación de Taylor.

Estos ajustes permitieron pasar de estimaciones obtenidas con 5 puntos (parejas ordenadas media, varianza), a estimaciones con 57 y 46 puntos para los parámetros de la ecuación de Taylor en las variables NUMERO DE POSTURAS y de POSTURAS PARASITADAS, respectivamente.

## **2.RESULTADOS**

### **2.1. Descripción gráfica de la distribución espacial.**

La figura 1 presenta los valores de densidad estimados para el número de posturas por metro en los tablones 1, 3 (alta colecta) y 4 (baja colecta). Los valores se agruparon en tres intervalos según las colectas encontradas. El ANCHO corresponde a los surcos de caña, siete por parcela, el LARGO a las particiones de 10 m dentro de cada surco, para formar el cuadrículado 10 x 10 metros.

Se observa a grandes rasgos que la presencia de posturas en un cuadro está

acompañada por la presencia en un cuadro vecino (algún nivel de contagio). aunque la forma de las “manchas” se aprecia caprichosa, pasando, por ejemplo, desde la cobertura a lo largo de un surco (ancho 7, parcela 1) hasta la cobertura atravesando los surcos (largo 4, parcela 3).

Se esperaba con estas gráficas observar patrones definidos en la distribución geográfica de las posturas en el campo, pero esto no ocurrió, al menos claramente. Puede decirse, no obstante, que no parece haber un patrón regular en la distribución ni una distribución aleatoria, sino que hay una tendencia al contagio.

## **2.2. Relaciones Varianza - Media.**

El cuadro 1 muestra los valores de media y varianza en cada uno de los sitios. Se puede observar que el alto nivel de parasitismo condujo a valores similares para las dos variables.

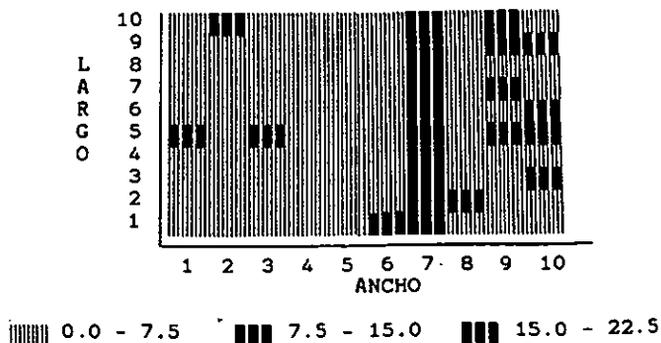
El experimento se realizó en un momento en el cual se esperaba una alta densidad de posturas y ello parece haberse cumplido puesto que el menor promedio fue .95 posturas por metro que corresponde aproximadamente a 7315 posturas por hectárea.

Las últimas tres hileras del cuadro presentan las estimaciones de los parámetros de la ecuación de Taylor y el coeficiente de determinación de la regresión a través de la cual se hizo la estimación.

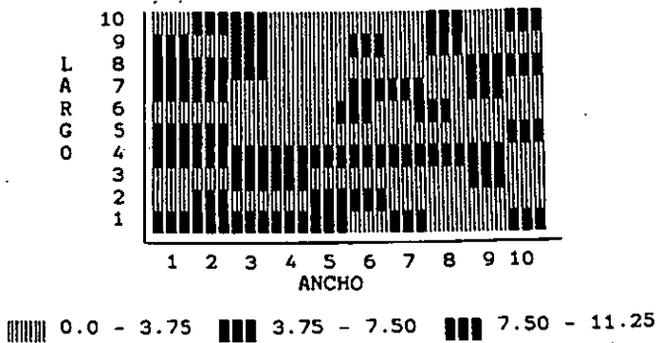
Se observa que el modelo propuesto ajusta bien a los valores de campo ( $R^2 > 96\%$ ) y que los coeficientes  $b$  toman valores entre 1.4 y 2.0, señalados por Taylor (1961) como límites típicos para plagas de cultivos.

Las figuras 2a y 2b presentan los valores observados y estimados para las dos variables a partir de los cinco puntos experimentales. Se observa que tres de los puntos son estimados muy precisamente mientras que dos de ellos presentan desviaciones mayores, particularmente el último, para el cual el incremento en varianza no corresponde a un incremento similar de la media.

(Parcela 1)



(Parcela 3)



(Parcela 4)

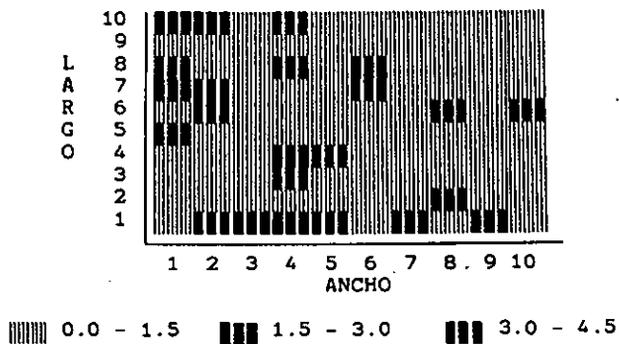
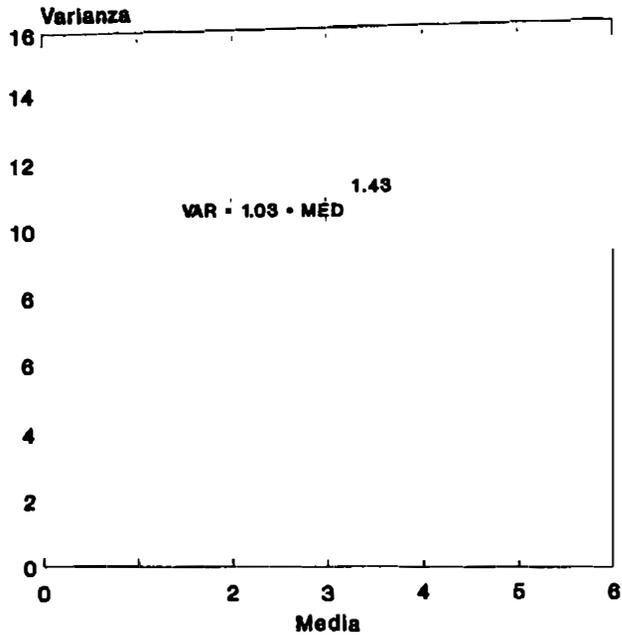


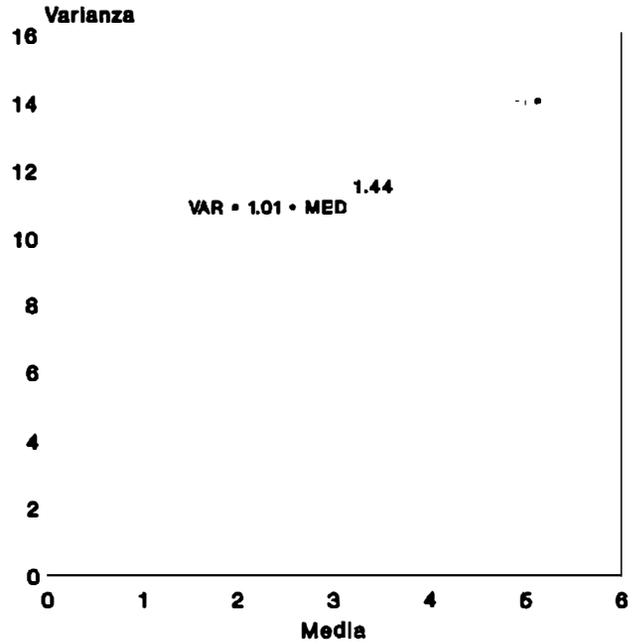
Figura 1.: Representación gráfica de la densidad en el campo. Número de posturas por metro lineal. Tablones 1, 3 y 4.

**Fig 2a. Valores observados y estimados de media y varianza. NUMERO DE POSTURAS**



OBSERVADA —□— ESTIMADA

**Fig 2b. Valores observados y estimados de media y varianza. NUMERO DE POSTURAS PARASITADAS**



OBSERVADA —□— ESTIMADA

### Cuadro 1

Medias y varianzas del número de posturas y posturas parasitadas por metro cuadrado, para los cinco sitios experimentales. Estimaciones de los parámetros de la ecuación de Taylor y  $R^2$  de las regresiones.

Sitio	No. de posturas		No. de posturas parasitadas	
	Media	Varianza	Media	Varianza
1	5.13	14.01	5.13	14.01
2	1.81	2.50	1.79	2.33
3	3.66	4.77	3.66	4.77
4	0.95	1.00	0.95	1.00
5	5.09	10.45	5.09	10.45
a	1.0303		1.0079	
b	1.4339		1.4474	
$R^2$	0.9606		0.9617	

### 2.3. Tamaños fijos de muestra.

Utilizando las estimaciones de la ecuación de relación varianza - media se calcularon los tamaños de muestra requeridos por un "muestreo con tamaño fijo" para estimar la densidad por metro lineal de surco, suponiendo diferentes densidades poblacionales.

El cuadro 2 presenta los diferentes tamaños de muestra necesarios, para densidades esperadas desde 1 hasta 15 posturas o posturas parasitadas por m, errores máximos de estimación admitidos ( $\delta'$ ) de .10, .20, .25 y .30 de la media esperada y probabilidad de error  $\alpha = .20$ .

Los tamaños de muestra obtenidos con valores de  $\alpha = .20$  y  $\delta' = .25$  corresponden a la estimación del tamaño de muestra para obtener una estimación con error estándar en un intervalo de  $.25 \bar{x}$  alrededor de  $\bar{x}$ , esto es,  $S_{\bar{x}} \in (\bar{x} - .25 \bar{x}, \bar{x} + .25 \bar{x})$ . Esta precisión es recomendada para trabajos de investigación.

Se puede observar en el cuadro que el tamaño de muestra "fijo" para densidad esperada de 1 postura por metro es 27 y para 1 postura parasitada por metro es 26, utilizando un error de estimación de 25 % de la media.

**Cuadro 2.**

Cálculo de los tamaños de muestra “fijos” para diferentes valores de densidad media esperada.

Errores máximos de estimación de 0.05, 0.10, 0.20 y 0.30 de la media.

Variables: Número de posturas y de posturas parasitadas. Datos del experimento de tamaño de muestra.

Densidad media esperada (NPOST/m)	Varianza estimada	Coef.de variación	Tamaño de muestra (n) para precisiones (en %) de:				Precisión en términos del número de posturas			
			10	20	25	30	0.1	0.2	0.3	0.3
1	1.0283	1.0141	169	42	27	19	0.1	0.2	0.3	0.3
2	2.7810	0.8338	114	29	18	13	0.2	0.4	0.5	0.6
3	4.9767	0.7436	91	23	15	10	0.3	0.6	0.8	0.9
4	7.5208	0.6856	77	19	12	9	0.4	0.8	1.0	1.2
5	10.3600	0.6437	68	17	11	8	0.5	1.0	1.3	1.5
6	13.4589	0.6114	61	15	10	7	0.6	1.2	1.5	1.8
7	16.7918	0.5854	56	14	9	6	0.7	1.4	1.8	2.1
8	20.3392	0.5637	52	13	8	6	0.8	1.6	2.0	2.4
9	24.0853	0.5453	49	12	8	5	0.9	1.8	2.3	2.7
10	28.0174	0.5293	46	12	7	5	1.0	2.0	2.5	3.0
11	32.1247	0.5153	44	11	7	5	1.1	2.2	2.8	3.3
12	36.3980	0.5028	41	10	7	5	1.2	2.4	3.0	3.6
13	40.8292	0.4915	40	10	6	4	1.3	2.6	3.3	3.9
14	45.4115	0.4813	38	10	6	4	1.4	2.8	3.5	4.2
15	50.1386	0.4721	37	9	6	4	1.5	3.0	3.8	4.5

ELABORACION Y APLICACION DE UN PLAN DE MUESTRO SECUENCIAL  
 PARA LA ESTIMACION DE LA DENSIDAD DEL NUMERO DE POSTURAS Y  
 POSTURAS PARASITADAS DE *Diatraea saccharalis* (F.) EN CAÑA DE AZUCAR

13

Densidad media esperada (NPOSTPAR/m)	Varianza estimada	Coef. de variación	Tamaño de muestra (n) para precisiones (en %) de:				Precisión en términos del número de posturas			
			10	20	25	30	0.1	0.2	0.3	0.3
1	1.0061	1.0030	165	41	26	18	0.1	0.2	0.3	0.3
2	2.7413	0.8278	112	28	18	13	0.2	0.4	0.5	0.6
3	4.9273	0.7399	90	23	14	10	0.3	0.6	0.8	0.9
4	7.4693	0.6833	77	19	12	9	0.4	0.8	1.0	1.2
5	10.3139	0.6423	68	17	11	8	0.5	1.0	1.3	1.5
6	13.4254	0.6107	61	15	10	7	0.6	1.2	1.5	1.8
7	16.7779	0.5852	56	14	9	6	0.7	1.4	1.8	2.1
8	20.3516	0.5639	52	13	8	6	0.8	1.6	2.0	2.4
9	24.1308	0.5458	49	12	8	5	0.9	1.8	2.3	2.7
10	28.1023	0.5301	46	12	7	5	1.0	2.0	2.5	3.0
11	32.2552	0.5163	44	11	7	5	1.1	2.2	2.8	3.3
12	36.5801	0.5040	42	10	7	5	1.2	2.4	3.0	3.6
13	41.0690	0.4930	40	10	6	4	1.3	2.6	3.3	3.9
14	45.7148	0.4829	38	10	6	4	1.4	2.8	3.5	4.2
15	50.5111	0.4738	37	9	6	4	1.5	3.0	3.8	4.5

## 2.4. Plan de muestreo secuencial.

El cuadro 3 presenta la planilla de campo propuesta para los muestreos de posturas y posturas parasitadas a partir del experimento, utilizada en los trabajos de investigación durante la zafra 1990- 1991. En ella se definen los valores límite  $T_n$  para cada una de las variables de interés. Se propuso también contar el número de tallos por metro lineal con el fin de tener estimaciones de la densidad de posturas por tallo.

Se decidió suspender el muestreo cuando la estimación de la densidad fuera una postura o postura parasitada, por metro, esta densidad representa aproximadamente 7700 posturas por hectárea (77 surcos de 100 metros). Con esta determinación el muestreo se suspende y se decide que la densidad es uno o menos, con la precisión definida anteriormente.

Debe observarse que los tamaños de muestra en los cuales se suspendería el muestreo secuencial coinciden, en cada caso, con los tamaños calculados para muestras "fijas".

Las figuras 3 y 4 presentan la relación entre el número de puntos a muestrear y el límite  $T_n$  a partir del cual se debe suspender el muestreo. La forma de la curva indica que en bajas densidades y con los parámetros de contagio estimados, el tamaño de muestra puede crecer hasta hacerse inmanejable en la práctica.

Este problema no aparece solamente en el muestreo secuencial sino en cualquier método que trate de estimar densidades de poblaciones con patrones de "contagio" en su distribución en el campo.

**Cuadro 3.**

Planilla de campo para el muestreo secuencial de posturas y  
 posturas parasitadas utilizada en la zafra 1990 - 1991

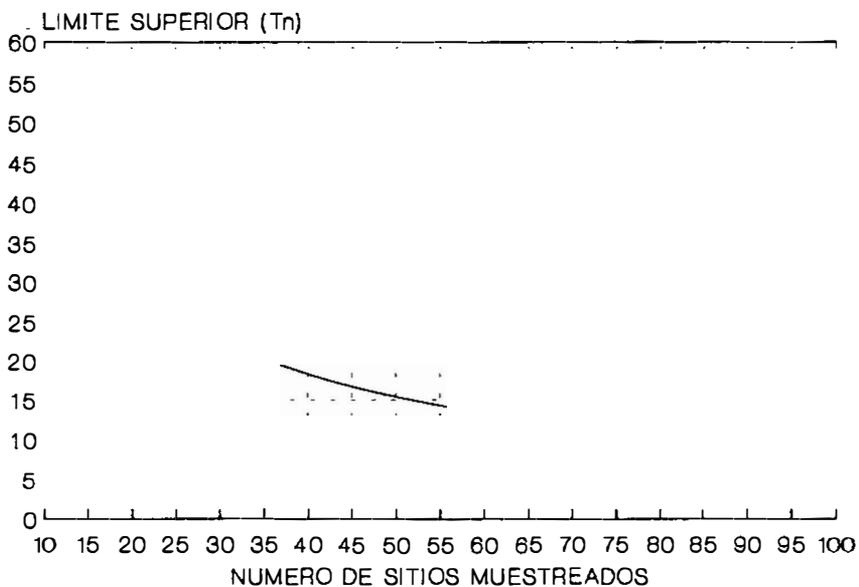
NUMERO MINIMO DE METROS A REVISAR = 10, NUMERO MAXIMO = 30

HACER EL CONTEO DE TODOS LOS TALLOS EN CADA METRO REVISADO  
 (MINIMO EN 20 METROS)

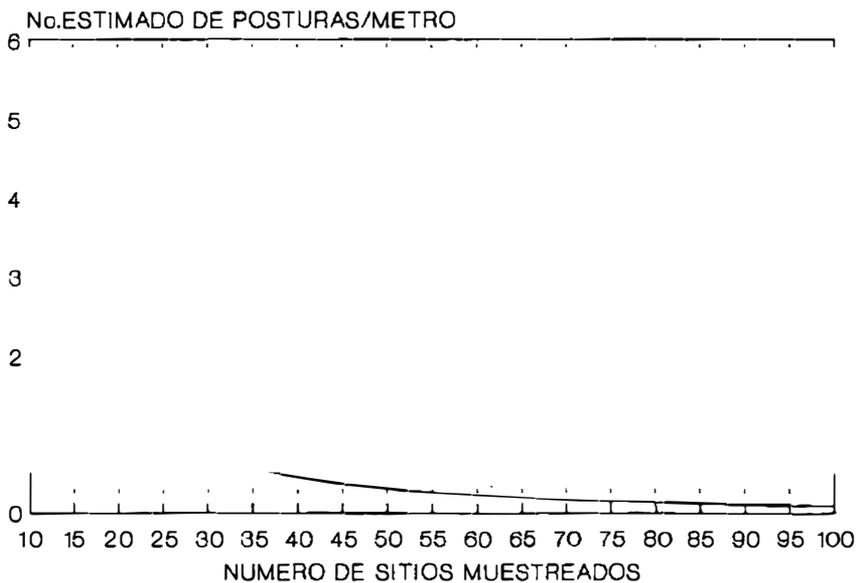
**PROCEDIMIENTO:** SELECCIONAR UN METRO LINEAL AL AZAR,  
 HACER LA REVISION, ANOTAR EL NUMERO OBTENIDO EN LA COLUMNA  
 CORRESPONDIENTE, ANOTAR LA SUMA DEL TOTAL DE LOS METROS ANTERIORES  
 MAS EL DE LA LINEA CORRESPONDIENTE EN LA COLUMNA "SUMA" CUANDO EL  
 VALOR DE LA COLUMNA "SUMA" SEA IGUAL O MAYOR QUE EL VALOR EN LA CO-  
 LUMNA "LIMITE" SUSPENDER EL MUESTREO

NUMERO DE METRO	POSTURAS	SUMA	LIMITE	DENSIDAD	NUMERO DE POSTURAS PARASITADAS					NUMERO DE TALLOS	
					METRO	PARASITADAS	SUMA	LIMITE	DENSIDAD		
1			314	1	338						
2			184	92.0	2			193	95.8		
3			135	44.9	3			139	46.2		
4			108	27.0	4			111	27.5		
5			91	18.2	5			92	18.4		
6			79	13.2	6			80	13.3		
7			70	10.0	7			70	10.0		
8			63	7.9	8			63	7.9		
9			58	6.4	9			58	6.4		
10			53	5.3	10			53	5.3		
11			49	4.5	11			49	4.4		
12			46	3.9	12			46	3.8		
13			43	3.3	13			43	3.3		
14			41	2.9	14			40	2.9		
15			39	2.6	15			38	2.5		
16			37	2.3	16			36	2.3		
17			35	2.1	17			34	2.0		
18			34	1.9	18			33	1.8		
19			32	1.7	19			32	1.7		
20			31	1.6	20			30	1.5		
21			30	1.4	21			29	1.4		
22			29	1.3	22			28	1.3		
23			28	1.2	23			27	1.2		
24			27	1.1	24			26	1.1		
25			26	1.1	25			25	1.0		
26			25	1.0							

**Fig 3. Límites para la suma del número de posturas por metro.**



**Fig 4. Estimaciones del número de posturas por metro.**



## 2.5. Patrones de recorrido en la ejecución del muestreo.

Un segundo resultado que se buscaba con el trabajo, era tener una primera idea acerca de cual patrón de recorrido de campo es capaz de dar información tan confiable como la que proporciona la inspección de puntos seleccionados aleatoriamente antes de ir al terreno.

Con este fin se seleccionaron 30 puntos de muestreo de acuerdo a cada patrón propuesto (en este caso el muestreo 10x3 hacia afuera y hacia adentro no se diferencian puesto que se muestrean todos los 30 puntos) y se estimó la densidad puntualmente y por medio de intervalos de 80% de confianza, simulando el muestreo sobre los 100 datos de cada parcela en el experimento.

El cuadro 4 presenta los resultados. En él es posible apreciar que los patrones 6x5, en sus dos formas, presentaron problemas de sesgo en el sentido de que los intervalos de confianza no cubrieron siempre la media estimada con los 100 puntos experimentales (segunda columna del cuadro). Las menores desviaciones estándar se lograron con el muestreo aleatorio y los patrones 6x5.

El segundo paso fue simular un muestreo secuencial, según la planilla del cuadro 3, siguiendo los patrones al azar y 10x3, diferenciando 10x3 de afuera hacia adentro y de adentro hacia afuera.

En este caso el muestreo se suspendió cuando se alcanzaron los límites correspondientes y se compararon los patrones según el número de muestras requeridas, la estimación producida y la desviación estándar de la estimación.

El cuadro 5 presenta los resultados de este proceso. Se observa que el patrón "al azar" superó en tres de los cinco tablonos a los otros puesto que alcanzó antes el fin del muestreo logrando menor error estandar de la estimación. En un caso fue superior el muestreo "10x3, hacia adentro" y en un caso el "10x3 hacia afuera".

De otra parte el patrón "10x3 hacia afuera" presentó sesgo de la estimación en la parcela 3, por lo cual se lo elimina, quedando como mejores opciones la "aleatoria" y "10x3 hacia adentro".

Para los trabajos experimentales 1990-91 se recomendó utilizar el patrón "aleatorio" hasta el momento en que la caña dificultó el movimiento a través de los surcos y desde ese momento se usó el patrón "10x3 hacia adentro".

**Cuadro 4.**

Estimación del promedio (M), Desviación estándar de la media (DS) e Intervalos de confianza (.80) para la verdadera media.

**Patrones de recorrido:** Aleatorio (MAS), 3 puntos en 10 surcos (10x3), cinco puntos en seis surcos al azar (6x5-1) y cinco puntos en seis surcos seleccionados sistemáticamente (6x5-2). Media estimada con los 100 puntos originales (M100)

## 4.1. Número de posturas:

Parcela	Media con 100 puntos	Estimaciones:							
		M-MAS	DS-MAS	M-10X3	DS-10X3	M-6X5-1	DS-6X5-1	M-6X5-2	DS-6X5-2
	5.13	5.70	0.7700	5.67	0.7586	5.97	0.6721	4.47	0.6356
2	1.81	1.73	0.2600	2.03	0.3473	2.03	0.2935	2.23	0.3196
	3.66	4.20	0.4200	3.83	0.4264	2.87	0.3313	3.77	0.4226
4	0.95	0.87	0.1600	1.00	0.1661	0.63	0.1477	0.93	0.1853
	5.09	5.00	0.5100	5.07	0.6830	5.27	0.5549	5.20	0.5977

## Intervalos de confianza (.80):

Parcela	M-100	MAS		10x3		6X5-1		6X5-2	
		Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
	5.13	4.69	6.71	4.68	6.66	5.09	6.85	3.64	5.30
	1.81	1.39	2.07	1.57	2.49	1.65	2.41	1.81	2.65
	3.66	3.65	4.75	3.27	4.39	2.44	3.30	3.22	4.32
4	0.95	0.66	1.08	0.78	1.22	0.44	0.82	0.69	1.17
	5.09	4.33	5.67	4.17	5.97	4.54	6.00	4.42	5.98

## 4.2. Número de posturas parasitadas:

Parcela	Media con 100 puntos	Estimaciones:							
		M-MAS	DS-MAS	M-10X3	DS-10X3	M-6X5-1	DS-6X5-1	M-6X5-2	DS-6X5-2
1	5.13	5.70	0.7700	5.67	0.7586	5.97	0.6721	4.47	0.6356
	1.79	1.73	0.2600	1.97	0.3198	2.03	0.2935	2.17	0.2880
	3.66	4.20	0.4200	3.83	0.4264	2.87	0.3313	3.77	0.4226
	0.95	0.87	0.1600	1.00	0.1661	0.63	0.1477	0.93	0.1853
	5.09	5.00	0.5100	5.07	0.6830	5.27	0.5549	5.20	0.5977

## Intervalos de confianza (.80):

Parcela	M-100	MAS		10x3		6X5-1		6X5-2	
		Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
1	5.13	4.69	6.71	4.68	6.66	5.09	6.85	3.64	5.30
	1.79	1.39	2.07	1.55	2.39	1.65	2.41	1.79	2.55
	3.66	3.65	4.75	3.27	4.39	2.44	3.30	3.22	4.32
4	0.95	0.66	1.08	0.78	1.22	0.44	0.82	0.69	1.17
	5.09	4.33	5.67	4.17	5.97	4.54	6.00	4.42	5.98

**Cuadro 5.**

Resultados de la simulación del plan de muestreo secuencial: Media, Desviación estándar, Varianza, número de sitios en el momento de suspender el muestreo (N), Error estándar de la media (EE), Límites inferior (Li) y superior (Ls) del Intervalo de Confianza (0.80) para la verdadera media (NP = No. de posturas, NPP = No. de posturas parasitadas)

Parcela:		(MAS)		(10X3)		(10X3)		Estimaciones	
		NP	NPP	HACIA ADETRD		HACIA AFUERA		con 100 puntos	
				NP	NPP	NP	NPP	NP	NPP
1	MEDIA	6.1	6.1	6.3	6.3	4.4	4.4	5.1	5.1
	D. EST	5.3	5.3	4.2	4.2	4.4	4.4	3.7	3.7
	VAR	27.690	27.690	17.610	17.610	19.743	19.743	14.010	14.010
	N	10	10	10	10	12	12	100	100
	EE	1.664	1.664	1.327	1.327	1.283	1.283		
	Li	2.8	2.8	3.7	3.7	1.9	1.9		
	Ls	9.4	9.4	8.9	8.9	6.9	6.9		
2	MEDIA	1.9	1.9	2.2	2.2	2.4	2.2	1.8	1.8
	D. EST	1.4	1.4	1.7	1.7	2.2	2.0	1.6	1.5
	VAR	2.099	2.099	3.003	3.003	4.699	3.827	2.500	2.330
	N	18	18	17	17	17	17	100	100
	EE	0.341	0.341	0.420	0.420	0.526	0.474		
	Li	1.2	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3		
	Ls	2.6	2.6	3.1	3.1	3.4	3.2		
3	MEDIA	4.6	4.6	5.1	5.1	2.7	2.7	3.7	3.7
	D. EST	1.9	1.9	2.5	2.5	1.6	1.6	2.2	2.2
	VAR	3.504	3.504	6.083	6.083	2.462	2.462	4.770	4.770
	N	11	11	11	11	15	15	100	100
	EE	0.564	0.564	0.744	0.744	0.405	0.405		
	Li	3.5	3.5	3.6	3.6	1.9	1.9		
	Ls	5.7	5.7	6.5	6.5	3.5	3.5		
4	MEDIA	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	D. EST	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
	VAR	0.540	0.540	0.806	0.806	0.883	0.883	1.000	1.000
	N	26	26	26	26	26	26	100	100
	EE	0.144	0.144	0.176	0.176	0.184	0.184		
	Li	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7		
	Ls	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4		
5	MEDIA	5.6	5.6	4.3	4.3	6.4	6.4	5.1	5.1
	D. EST	3.1	3.1	2.7	2.7	3.6	3.6	3.2	3.2
	VAR	9.840	9.840	7.556	7.556	13.240	13.240	10.450	10.450
	N	10	10	12	12	10	10	100	100
	EE	0.992	0.992	0.793	0.793	1.151	1.151		
	Li	3.7	3.7	2.8	2.8	4.1	4.1		
	Ls	7.5	7.5	5.9	5.9	8.7	8.7		

## 2.6. Ajustes a partir de los datos experimentales 90-91.

Terminada la etapa experimental 90-91, en la cual se utilizaron los diseños de muestreo secuencial propuestos en la primera parte de este trabajo, se procedió a ajustar los planes originales adicionando 52 observaciones varianza-media a la variable número de posturas y 41 al número de posturas parasitadas.

Se utilizaron los datos de los muestreos realizados durante la ejecución del experimento de "Dosis y momento de liberación de **Trichograma**" (Basso y Franco, 1991).

Las estimaciones de  $a$  y  $b$  presentaron algunos cambios y los límites para suspender el muestreo se ampliaron. La comparación de resultados se presenta en el cuadro 6.

Los ajustes introducidos en las estimaciones condujeron a nuevas planillas de recolección de datos propuestas para la zafra 1991 - 1992, como se muestra en el cuadro 7.

Uno de los cambios importantes, resultado de los ajustes es haber aumentado el número máximo de muestras a tomar antes de suspender el muestreo y decidir que la densidad es 1 ó menos.

Cuadro 6. Estimación de los parámetros de la ecuación de Taylor con los datos experimentales y con ellos más los resultados de la aplicación del primer plan propuesto, en el experimento "Dosis y momento de aplicación de **Trichograma**".

	Experimento tamaño de muestra	Datos combinados exp. y zafra
No. obs.	5	57 y 46
No. posturas:		
a	1.0303	1.3645
b	1.4339	1.1152
R <sup>2</sup>	.9606	.9395
No. posturas parasitadas:		
a	1.0079	1.4290
b	1.4474	1.1204
R <sup>2</sup>	.9617	.9509

Este ajuste se continuará realizando con los nuevos datos, esperando lograr una estabilización de las estimaciones que conduzca a un plan de muestreo definitivo.

**Cuadro 7.**

Planilla de campo para el muestreo secuencial de posturas y posturas parasitadas  
 propuesta para la zafra 1991 - 1992

NUMERO MINIMO DE METROS A REVISAR = 10, NUMERO MAXIMO = 35

HACER EL CONTEO DE TODOS LOS TALLOS EN CADA METRO REVISADO (MINIMO EN 20 METROS)

PROCEDIMIENTO: SELECCIONAR UN METRO LINEAL AL AZAR, HACER LA REVISION,  
 ANOTAR EL NUMERO OBTENIDO EN LA COLUMNA CORRESPONDIENTE, ANOTAR LA  
 SUMA DEL TOTAL DE LOS METROS ANTERIORES MAS EL DE LA LINEA CORRESPONDIENTE  
 EN LA COLUMNA "SUMA" CUANDO EL VALOR DE LA COLUMNA "SUMA" SEA IGUAL  
 O MAYOR QUE EL VALOR EN LA COLUMNA "LIMITE" SUSPENDER EL MUESTREO

NUMERO DE					NUMERO DE					NUMERO DE TALLOS
DE METRO	POSTURAS	SUMA	LIMITE	DENSIDAD	POSTURAS METRO	PARASITADAS	SUMA	LIMITE	DENSIDAD	
1			54		1			58		
2			49	24.7	2			53	26.5	
3			47	15.6	3			50	16.7	
4			45	11.3	4			48	12.1	
5			44	8.8	5			47	9.4	
6			43	7.1	6			46	7.6	
7			42	6.0	7			45	6.4	
8			41	5.2	8			44	5.5	
9			41	4.5	9			43	4.8	
10			40	4.0	10			43	4.3	
11			40	3.6	11			42	3.8	
12			39	3.3	12			41	3.5	
13			39	3.0	13			41	3.2	
14			38	2.7	14			41	2.9	
15			38	2.5	15			40	2.7	
16			38	2.4	16			40	2.5	
17			37	2.2	17			40	2.3	
18			37	2.1	18			39	2.2	
19			37	1.9	19			39	2.0	
20			37	1.8	20			39	1.9	
21			36	1.7	21			38	1.8	
22			36	1.6	22			38	1.7	
23			36	1.6	23			38	1.6	
24			36	1.5	24			38	1.6	
25			36	1.4	25			38	1.5	
26			35	1.4	26			37	1.4	
27			35	1.3	27			37	1.4	
28			35	1.3	28			37	1.3	
29			35	1.2	29			37	1.3	
30			35	1.2	30			37	1.2	
31			35	1.1	31			36	1.2	
32			34	1.1	32			36	1.1	
33			34	1.0	33			36	1.1	
34			34	1.0	34			36	1.1	
35			34	1.0	35			36	1.0	

### 3. CONCLUSIONES.

1. La ecuación propuesta por Taylor para la relación varianza - media en problemas de muestreo de insectos ajustó a los resultados experimentales y de aplicación obtenidos en este trabajo, por lo cual puede considerarse como un buen modelo, aplicable al caso concreto de **Diatraea** en caña de azúcar.

2. Las variables NUMERO DE POSTURAS y POSTURAS PARASITADAS presentaron un patrón distribucional de contagio dentro de los límites esperados para una plaga agrícola.

3. Se construyó un plan de muestreo secuencial que permitió el paso de estimaciones de abundancia basadas en el tiempo de muestreo a estimaciones basadas en la densidad por unidad de área.

4. Es necesario continuar ajustando las estimaciones de los parámetros hasta el momento en que se logre una estabilización (convergencia) a valores que podrán entonces ser catalogados como característicos para la especie bajo las condiciones agroecológicas de la zona.

### 4. AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen la colaboración, el apoyo y los consejos agronómicos del jefe de Investigación del Departamento Agrícola de CALNU, Ing. Agr. Julio A. Silva y el esfuerzo y buena voluntad del personal de campo, particularmente del Tec. Agr. Celso Castro.

## BIBLIOGRAFIA

- Basso, C. 1988. Dynamique des populations du foreur des tiges de la canne à sucre ***Diatraea saccharalis*** (Fabricius, 1978) (Lepidoptera, Pyralidae, Crambinae) et de son parasitoïde oophage ***Trichogramma pretiosum*** (Riley, 1879) en Uruguay. Premières expérimentations de lutte biologique. Thesis. Montpellier, ENSA. 86 p.
- Basso C. y J. Franco. Determinación del momento de control de ***Diatraea saccharalis*** (F) en caña de azúcar, por medio de ***Trichogramma*** en Uruguay. Boletín de investigación (en prensa).
- Bechinski, E.J. and L.P. Pedigo. 1981. Development of a sampling program for estimation of pupal densities of Green Cloverworm, **Lepidoptera: Noctuidae**, in Soybeans and evaluation of alternative sampling procedures. Env. Entom. 12(1): 96-100.
- Kuno, E. 1969. A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. Res. Popul. Ecol. 11:217-236.
- Ruesnik, W. G. 1980. Introduction to sampling theory. en Kogan, M. y D.C. Herzog, editores: Sampling Methods in Soybean Entomology. Springer Verlag, NY, 587p.
- Soutwood, T. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. London. Chapman and Hill. 524p.
- Taylor, L.R. 1961. Aggregation, variance ant the mean. Nature 189: 732-735.